



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Villa María
Departamento de Electrónica
Cátedra Trabajo Final de Grado

Instrumento de medición de factores climáticos

Trabajo Final de Grado para obtener el título de Ingeniero en Electrónica

Autor:

Chiapella, Martin Daniel

2020

Acreditación:

Fecha: 05/08/2020

Comité Evaluador

Presidente: MSc. Ing. Pedro Danizio

1° Vocal: Esp. Ing. Héctor Ferrari

2° Vocal: Ing. José Luis Catalano



Dedicatorias

A mis padres, que con amor y sacrificio me supieron guiar por el camino correcto para llegar a la culminación de mi carrera, a mis amigos que estuvieron siempre para disfrutar momentos de alegría y dificultad, a mis compañeros de curso, con los cuales pasamos momentos lindos y malos, a mis profesores, que con sus consejos y enseñanzas inculcaron en mí el valor de la constancia para enfrentar los retos y alcanzar las metas propuestas.



Agradecimientos

Quiero agradecer a los chicos de AGRODATA, que me brindaron tiempo e información para realizar este proyecto.

A mis padres y hermanos, que nunca dejaron de brindarme apoyo y darme aliento para poder terminar con mis estudios. A mis amigos, que siempre estuvieron presentes. A todos los profesores de la facultad, que sin ellos todo esto hubiese sido imposible.



Memoria Descriptiva

Este instrumento, es un elemento muy útil que nos permite medir y llevar un registro de distintos factores climáticos; estos factores a medir son, temperatura ambiente, humedad relativa ambiente, lluvia caída, también podremos saber en qué instante comenzará a llover. El mismo, es un instrumento autosustentable, ya que cuenta con un panel solar para recargar la batería interna que posee.

La gran particularidad que tiene, es la comunicación inalámbrica, la misma es a través de mensajes de textos (SMS), mediante telefonía móvil. A su vez, se puede observar en el mismo dispositivo una pantalla LCD, que mediante la misma se obtiene información de la cantidad de lluvia acumulada en el vaso de precipitado, como también la temperatura y humedad relativa. Todos estos datos son obtenidos y mostrados instantáneamente. Las diferentes mediciones son tomadas con sensores analógicos y digitales.

La lógica del instrumento es mediante un microcontrolador PIC 16F877A y un módulo SIM800L para la comunicación inalámbrica. La programación es mediante lenguaje C.



ÍNDICE

Título	Página
Dedicatorias	2
Agradecimientos	3
Memoria Descriptiva	4
Introducción	7
Análisis del problema	7
Análisis de sistemas existentes	7
Descripción de las actividades del proyecto	7
Objetivos	8
Objetivos generales	8
Objetivos particulares	8
Microprocesador	8
Módulo SIM800L	10
Sensor Ultrasónico	11
Válvula drenaje	11
Sensor de lluvia	12
Sensor temperatura DS18B20	12
Sensor humedad DHT22	13
Display LCD (Display de Cristal Líquido)	14
Grado de protección IP	14
Sistema de panel solar	15
Diseño del Proyecto	17
Revisión de requerimientos y parámetros de operación	17
Prototipo del dispositivo	17
Diagrama en bloques del dispositivo	18
Programación	19
Diagrama de flujo	20
Evaluación Final del Sistema	21
Preparación del prototipo con materiales finales	21
Cálculo de consumo eléctrico	21
Sistema de alimentación y carga fotovoltaico	22
- Cálculo para la selección de la batería	22
- Cálculo para la elección del panel	23
- Orientación y ángulo de inclinación del panel fotovoltaico (PFV)	24
Diseño y mediciones del prototipo	25
Montaje y ensayo real del prototipo	27
Presentación final del prototipo	29
Montaje y ensayo real del prototipo	31
Medición del error del instrumento	33



Calificación de los materiales utilizados.....	34
Instalación del instrumento	35
Conclusiones	36
Bibliografía	37
Anexo I.....	38
Comandos AT.....	38



Introducción

Análisis del problema

Debido a lo importante que es la información de los factores climáticos para la eficiencia en la producción, y lo complicado y tedioso que es ir a tomar esas medidas cada vez que suceden o están sucediendo alguno de ellos, surgió la idea de hacer un instrumento que tome esos datos y los envíe a través de SMS. Del análisis de las señales en el campo de aplicación, se decidió optar por ese medio de transmisión debido que no son buenas los niveles de señales de las otras tecnologías como 3G, 4G. Además de las largas distancias del instrumento al usuario, por lo que imposibilita usar la tecnología WI-FI o Bluetooth. Dichos parámetros a medir se obtuvieron de una charla con la empresa Agrodata, estos parámetros son, cantidad de lluvia acumulada, sensor de lluvia, temperatura y humedad ambiente. Estos parámetros van a ser enviados por pedido desde un SMS o cuando suceda un factor climático, en caso de la lluvia. Los sensores utilizados son de origen comercial y de tecnología adecuada para trabajar con microcontrolador PIC.

Análisis de sistemas existentes

En la actualidad, solo se pueden tomar este tipo de mediciones como lo viene realizando esta empresa, debido a que solamente existen en el mercado estaciones meteorológicas con comunicación WI-FI o RF, pero en este campo de aplicación no se podría usar debido a que no hay conexión WI-Fi y la distancia del instrumento al usuario es de varios kilómetros, por lo que no se puede emplear tampoco la tecnología RF, debido a que la misma está limitada a un par de metros.

Este tipo de estaciones poseen mucha más información climatológica, pero de igual manera los costos para adquirirlos son un factor determinante al momento de realizar la compra. A diferencia del modelo que se expone, el proyecto desarrollado presenta características semejantes con tecnología actual y con costos de fabricación más económica, por tratarse de un prototipo diseñado y ensamblado en nuestro país.

Descripción de las actividades del proyecto

El proyecto consiste en el diseño e implementación de un dispositivo que permite el monitoreo constante y de forma automática de variables, como son la humedad relativa y la temperatura ambiente, las precipitaciones y momento instantáneo en el que comienza a llover. Dichas variables son capturadas mediante diferentes de sensores, mostradas en un display LCD en el frente del dispositivo y enviadas al usuario.

La comunicación del instrumento con el usuario es por medio remoto, a través de tecnología de mensajería SMS. Se puede enviar un mensaje a un número específico, que es el que tenga el módulo GSM, con la petición de la información requerida como; temperatura y humedad, y cantidad de lluvia en el vaso de precipitado. También se puede enviar un mensaje con la orden de vaciar el recipiente de precipitación, lo cual el instrumento responde con un mensaje de confirmación de la acción.

En caso de llegar a un máximo de recolección de lluvia, automáticamente se ordena drenar el vaso.



Esa acción es registrada a través de un mensaje de texto al usuario, avisándole lo sucedido.

La estación meteorológica está alimentada mediante una batería de 6 voltios, la cual es recargada mediante un panel solar autoregulable. Lo que hace a un instrumento autosustentable.

Objetivos

Objetivos generales

El objetivo del proyecto es el diseño de una estación meteorológica autónoma. Dicha estación es un elemento útil para poder tomar mediciones de diversas variables meteorológicas, sin necesidad de desplazarnos al lugar requerido para la medición.

Podrá ser instalada en un campo para que cualquier agricultor pueda tener información de fenómenos climatológicos que afectan a las cosechas, a fin de poder gestionar los recursos a su disposición.

La autonomía de este tipo de dispositivos, es un requisito interesante si se desean adquirir las variables meteorológicas en ciertos emplazamientos donde no existen líneas de comunicaciones, ni redes eléctricas de alimentación.

Objetivos particulares

- Diseñar y construir los módulos de adquisición y transmisión de datos a través de módulo GSM
- Diseñar las placas de circuito impreso donde se integran los sensores y los módulos.
- Diseñar y construir sistema fotovoltaico para la carga de las baterías.
- Enviar y recibir información a través de SMS.
- Diseñar un firmware para que lleve a cabo todas aquellas funciones que deseamos que realice el circuito, junto a los demás componentes.

Microprocesador

La elección de microprocesadores para dicho proyecto es debido principalmente a dos factores: - Son dispositivos programables que permiten programar unas funcionalidades específicas para una determinada aplicación. - Integran en un chip no únicamente una unidad central de proceso sino también todas aquellas funcionalidades típicas de un controlador. Entre estas funcionalidades cabe destacar los puertos de entrada y salida digitales, los analógicos, puertos de comunicaciones, etc. Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador, aunque de limitadas prestaciones. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de controlador incrustado (*Embedded controller*).

Para la realización de este proyecto, es suficiente con utilizar un microcontrolador de la gama media que integre una memoria EEPROM y capacidad de transmisión serie de datos al módem GSM. Debe



destacarse que la memoria EEPROM es necesaria para almacenar datos relevantes, tales como teléfonos de usuarios, que no deban perderse en el caso de fallo de la alimentación. Entre los microcontroladores de gama media se ha seleccionado el 16F877A I/P LF por disponer de mayor capacidad de memoria flash, menor consumo, más posiciones EEPROM y RAM de datos que el resto de microcontroladores de la serie 16FXXX.

Características	16F873	16F874	16F876	16F877
Frecuencia Máxima	DC-20Mhz	DX-20Mhz	DX-20Mhz	DX-20Mhz
Memoria de programa FLASH Palabra de 14 bits	4KB	4KB	8KB	8KB
Posiciones RAM de datos	192	192	368	368
Posiciones EEPROM de datos	128	128	256	256
Ports E/S	A, B y C	A, B, C y D	A, B y C	A, B, C y D
Nº de Pines	28	40	28	40
Interrupciones	13	14	13	14
Timers	3	3	3	3
Módulos CCP	2	2	2	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
entrada en Convertidor A/D	5	8	5	8
Juego de Instrucciones	35 instruc	35 instruc	35 instruc	35 instruc
Longitud de la instrucción	14 bits	14 bits	14 bits	14 bits

Tabla.1 "Características de los diferentes microprocesadores"

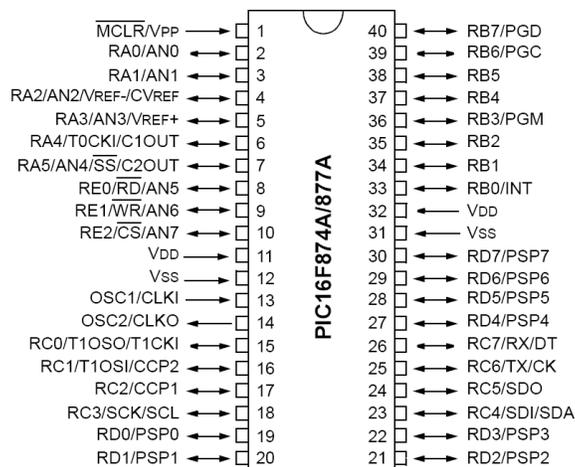


Fig.1 "Microprocesador y descripción de pines"

La función del microcontrolador dentro del circuito, es la de gestionar prácticamente todos los componentes. Como su palabra indica, es un controlador, el corazón del circuito. Según el *firmware*



que tenga programado, va a marcar las pautas de todo aquello que ocurra a “su alrededor”. Por una parte, será el encargado de recibir información del exterior, mediante los SMS del usuario. Tendrá la capacidad de procesar y organizar dicha información, y finalmente dará salida de la información que se precise como y cuando se estime oportuno según el programa.

Módulo SIM800L

El módulo utilizado es un SIM800L, del fabricante SIMCom, el cual se encuentra en una placa junto a todos los componentes electrónicos que permiten su funcionamiento, el mismo tiene un zócalo para tarjetas SIM.

Las principales características de la placa son:

- Voltaje de Operación: 3.4V - 4.4V DC
- Nivel Lógico de 3V a 5V
- Consumo de corriente (máx): 500 mA
- Consumo de corriente (modo de reposo): 0.7 mA
- Interfaz: Serial UART
- Quad-band 850/900/1800/1900MHz
- Trabaja solo con tecnología 2G
- Enviar y recibir mensajes SMS
- Enviar y recibir datos GPRS (TCP/IP, HTTP, etc.)
- Controlado por Comandos AT
- Velocidad máxima de transmisión 85.6 Kbps
- Protocolo TCP/IP en chip
- Soporta reloj en tiempo real (RTC)
- Velocidades de transmisión serial desde 1200bps hasta 115 200 bps
- Tamaño de la SIM: Micro SIM



Fig.2 “Módulo SIM800L”

El módulo es utilizado principalmente para enviar y recibir mensajes de texto. Su comunicación con el microcontrolador se realiza a través de comandos AT sobre UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter).

La elección de este módulo es debido a que es el más básico y económico del mercado. Además, cumple con el propósito del instrumento, ya que solo se envían datos a través de la red GSM.



Sensor Ultrasónico

El sensor de ultrasonido, nos permite obtener la distancia a partir de la medición del tiempo de ida y vuelta de un pulso de ultrasonido (medición del tiempo del eco). El sensor a utilizar es **HC-SR04** como hemos estado comentando anteriormente.

Como podemos ver en la figura, el sensor lanza un pulso y recibe una respuesta a través del Eco que este hace al rebotar contra una superficie sólida, en este caso agua. Este principio es el que utilizaremos para poder medir la distancia; la misma se calcula midiendo el tiempo entre ida y vuelta de la señal y sabiendo la velocidad de propagación del sonido en el aire.

Características del HC-SR04:

- Alimentación de 5 volts.
- Interfaz de cuatro hilos (vcc, trigger, echo, GND).
- Rango de medición: 2 cm a 400cm.
- Corriente de alimentación: 15mA.
- Frecuencia de pulso: 40Khz.
- Apertura del pulso ultrasónico: 15°.
- Señal de disparo: 10us.

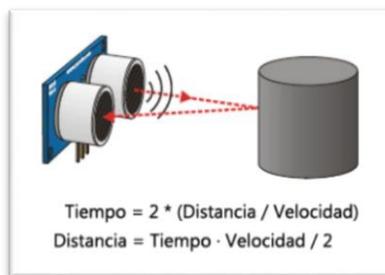


Fig.3 "Sensor Ultrasónico"

Como vimos anteriormente, utilizaremos este sensor para medir la distancia existente de la parte vacía del vaso de precipitado, y mediante un cálculo matemático del firmware, obtendremos la parte llena del vaso, que es equivalente a la cantidad de lluvia acumulada.

La elección de este sensor es meramente por su bajo valor, comparado con los demás existentes en el mercado.

Válvula drenaje

Para el drenaje del recipiente se utiliza una válvula solenoide de ½ pulgada, se alimenta con 12 volt y tiene un consumo máximo de 180mA. La misma se controla utilizando un drive salida a relé.

Es la válvula más chica que hay en el mercado, tanto en tamaño, como en tensión para su activación. Es por ello que debemos poner una fuente step-up para su funcionamiento, ya que la máxima tensión del instrumento es de 6 Volt proveniente de la batería. La misma se coloca debajo del vaso recolector de lluvia.



Fig.4 "Electroválvula"

Sensor de lluvia

Este sensor está pensado para el control del dispositivo en función de la lluvia. La placa cuenta con una superficie niquelada, para resistir mejor la oxidación y alargar su vida útil. Consiste en una PCB MH-RD (tipo YL83) y un módulo YL-38, que contiene un circuito integrado comparador LM393 SMD (de soldado superficial) muy estable, un led de encendido y otro de activación de salida digital. Este último cuenta con 2 pines de conexión hacia el módulo MH-RD, 2 pines para la alimentación y 2 pines de datos. Este sensor es el único en su tipo, a ello se debe su elección.

Su alimentación de 3.3 a 5 volt y el consumo es aproximadamente de 15 mA.



Fig.5 "Sensor de lluvia"

Sensor temperatura DS18B20

El DS18B20 es un sensor digital de temperatura que utiliza el protocolo 1-Wire para comunicarse, este protocolo necesita solo un pin de datos para comunicarse y permite conectar más de un sensor en el mismo bus.

Este sensor permite medir temperatura desde los -55°C hasta los 125°C y con una resolución programable desde 9 bits hasta 12 bits. Cada sensor tiene una dirección única de 64bits establecida de fábrica, esta dirección sirve para identificar al dispositivo con el que se está comunicando, puesto que en un bus 1-wire pueden existir más de un dispositivo. Su alimentación es de 3.3 a 5 volt, con un consumo de 1mA en modo activo.

A pesar de que el instrumento consta de un sensor DHT-22, el cual también mide temperatura, se eligió éste, debido a su mayor resolución y características constructivas, ya que estará



permanentemente expuesto a condiciones climáticas extremas.



Fig.6 "Sensor de temperatura"

Sensor humedad DHT22

Es un sensor digital de temperatura y humedad calibrado en fábrica, consta de un microprocesador que utiliza un sensor capacitivo de humedad, para medir la humedad relativa del aire, cuanto más se aproxima el valor al 100% más húmedo está el ambiente medido, también incluye un termistor para medir el aire circundante, y calcular la temperatura de este, muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos.

Este sensor se utiliza solamente para obtener valores de la humedad relativa, debido a que se encuentra en la parte inferior del instrumento y bajo reparo, para que condiciones climáticas extremas no lo dañen.

Su elección es debido a la buena respuesta que presenta para la medición de la humedad, sobre los demás sensores que hay en el mercado.

Características:

- Alimentación: $3.3Vdc \leq Vcc \leq 6Vdc$
- Rango de medición de temperatura: $-40^{\circ}C$ a $+80^{\circ}C$
- Precisión de medición de temperatura: error de $\pm 0.5^{\circ}C$
- Corriente máxima 2,5 mA.
- Resolución Temperatura: $0.1^{\circ}C$
- Rango de medición de humedad: De 0 a 100% RH
- Precisión de medición de humedad: 2% RH
- Resolución Humedad: 0.1%RH
- Tiempo de sensado: 2s



Fig.7 "Sensor Humedad"



Display LCD (Display de Cristal Líquido)

Es un dispositivo de interfaz formado por una pantalla de cristal líquido, es de allí en nombre de LCD (Liquid Crystal Display) sobre la que se pueden mostrar mensajes formados por distintos caracteres como letras, números, símbolos, etc. Se encuentran en distintos formatos, por ejemplo, 8x2, 16x2, 20x4, etc. El primer dígito indica el número de columnas del display y el segundo el número de filas del mismo; es decir, 16x2 significa que tiene 2 columnas y 16 filas.

Estos dispositivos vienen controlados por un microcontrolador, que normalmente va incorporado sobre la misma placa del circuito impreso que tiene el display. El controlador se encarga de gestionar al LCD, polarizando los puntos de la pantalla, generar los caracteres, desplazar la pantalla, mostrar el cursor, etc.

Para comunicarse con el controlador del display se dispone de una interfaz paralela al exterior, de fácil conexión a otros microcontroladores o microprocesadores.

Los caracteres que se pueden representar están formados por una matriz de puntos que vienen almacenados en memoria ROM dentro del propio controlador. El fabricante reserva una pequeña zona de memoria RAM donde se puede definir algunos caracteres especiales que no vienen almacenados. Todos estos datos aparecen en la hoja de datos que provee el fabricante.

Para la realización de este instrumento se escogió el display de 16x2, ya que con esa cantidad de caracteres alcanza para mostrar la información que se pretende mostrar.



Fig.8 "Display LCD 16x2"

Grado de protección IP

Definición del grado/índice de protección acorde a DIN EN IEC60529

Los niveles de protección están indicados por un código compuesto por dos letras constantes "IP"(Ingress Protection) y dos números que indican el grado de protección. Por ejemplo: IP65

Ejemplo: Código IP65



Primer Índice: Protección contra el ingreso de cuerpos sólidos.



Segundo Índice: Protección contra líquidos.



Debido al lugar para el cual está hecho este instrumento, el mismo debe cumplir con un IP65, ya que estará expuesto a todo tipo de condición climática como; lluvia, viento, granizo, etc. De igual modo, con este IP, la estación meteorología estará protegida contra el ingreso de polvo dentro de la unidad lógica.

	Primer Número - Protección contra sólidos		Segundo Número - Protección contra líquidos
0	Sin Protección	0	Sin Protección
1	Protegido contra objetos sólidos de más de 50mm	1	Protegido contra gotas de agua que caigan verticalmente
2	Protegido contra objetos sólidos de más de 12mm	2	Protegido contra rocíos directos a hasta 15° de la vertical
3	Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5mm	3	Protegido contra rocíos directos a hasta 60° de la vertical
4	Protegido contra objetos sólidos de más de 1mm	4	Protegido contra rocíos directos de todas las direcciones - entrada limitada permitida
5	Protegido contra polvo - entrada limitada permitida	5	Protegido contra chorros de agua a baja presión de todas las direcciones - entrada limitada permitida
6	Totalmente protegido contra polvo	6	Protegido contra fuertes chorros de agua de todas las direcciones - entrada limitada permitida
7		7	Protegido contra los efectos de la inmersión de 15cm - 1m
8		8	Protegido contra largos periodos de inmersión bajo presión

Tabla 2 "Tabla de descripción de los índices del código"

Sistema de panel solar

La energía solar es limpia, silenciosa e infinitamente renovable. Podríamos decir que es prácticamente gratuita si mantenemos al margen el coste de un panel solar. En sólo 15 minutos el sol bombardea la tierra con más energía de la que necesitaría toda la humanidad durante un año.

La energía solar llega a la superficie de la Tierra por dos vías diferentes: incidiendo en los objetos iluminados por el Sol, denominada radiación directa, o por reflexión de la radiación solar absorbida por el aire y el polvo atmosférico, llamada radiación difusa. La primera es aprovechable de forma directa, mientras que las celdas fotovoltaicas aprovechan ambos tipos de radiación.

La celda fotovoltaica es un dispositivo eléctrico, cuyo principal componente es el silicio, que convierte la luz del sol en corriente eléctrica directa, gracias al efecto fotovoltaico.

Un módulo o panel es un conjunto de celdas conectadas en serie o en paralelo para producir los voltajes y corrientes deseados. La mayoría de las celdas producen medio voltio. Un módulo típico tiene 36 celdas, por lo tanto, tendrán un voltaje de 18V, bajo condiciones estandarizadas y un voltaje nominal de 12V. La corriente eléctrica que producen es de unos 0,25 amperios (250 miliamperios) por cada pulgada cuadrada de célula. Las células de un panel se conectan en serie hasta obtener el voltaje deseado.

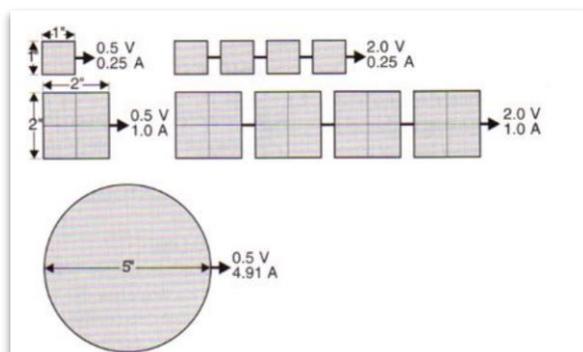


Fig.9 "Tensión y corriente que nos proporciona cada celda"

Las células solares más eficientes, basadas en el silicio que se encuentra en abundancia en la arena, son las de tipo monocristalino, donde cada célula se corta con un fino espesor a partir de una barra de silicio que ha recibido un tratamiento específico. Existen también las células de tipo policristalino, que combinan diferentes cortes pequeños de silicio. El tipo policristalino es algo menos eficiente que el monocristalino en condiciones ideales de iluminación, pero es algo mejor cuando el sol alcanza ángulos más bajos de incidencia sobre el panel. Es en la práctica el tipo más usado.

Los paneles **autoregulados** son los que tienen menos celdas y por lo tanto producen un voltaje que se puede aplicar directamente para cargar baterías. Para paneles de más de 30 – 33 celdas se necesita un regulador de carga, que puede ser **PWM** o **MPPT**.

En nuestro instrumento, utilizamos un panel de 6 volt, el cual es autoregurable lo que no nos hace falta la colocación de un regulador de carga. Se eligió este panel, debido a que nos alcanza para mantener la batería cargada, y además por ser autoregurable, lo que nos ahorra de poner un regulador de carga.

El panel es el siguiente:



Fig.10 "Panel Solar"

Características:

- Potencia Nominal: 3 W
- Policristalino
- Medidas 245 x 139 x 17 mm
- Corriente a PN: 0,50 Amper
- Tensión a PN: 6,00 Volts
- Tensión a Circuito A.: 6,9 Volts
- Peso: 0,30 Kg



Diseño del Proyecto

Revisión de requerimientos y parámetros de operación

En el campo de la agricultura, las precipitaciones afectan la humedad del suelo donde crecen y se desarrollan los cultivos y es de suma importancia tener registro de la misma, puesto que las mediciones de estos factores climáticos permiten realizar de forma más acertada diversas planificaciones. Cabe destacar que las planificaciones van desde programar una siembra, hasta la cosecha del cultivo.

Con el registro histórico de las precipitaciones se puede estimar el principio y término del periodo de lluvia comúnmente llamado “invierno”, además nos permite determinar si las condiciones del suelo son las adecuadas para incorporar una maquinaria, ya sea un tractor con su implemento o una cosechadora, esto teniendo en cuenta que al introducir una maquinaria al campo sin tener una humedad apropiada, evidentemente la misma puede sufrir daños al estar el suelo muy seco o muy húmedo, así como también dañar la estructura del suelo.

En pocas palabras, las precipitaciones representan la oferta de agua de forma natural que entra al sistema productivo, en este caso siembra, y que dependiendo de la cantidad de lluvia caída se pueden satisfacer total o parcialmente las necesidades hídricas de las plantas.

Estas son las necesidades que se lograran alcanzar con este proyecto, con el agregado de sensores de lluvia, el cual informa cuando comienza a llover y sensor de temperatura y humedad ambiente. La comunicación con el instrumento será a través de mensajería de texto, debido a que en el lugar donde se colocan puede que no haya señal de internet.

Prototipo del dispositivo

Se hace el diseño de cómo quedara el dispositivo. Esto puede estar sujeto a diferentes cambios una vez que se arme el instrumento.

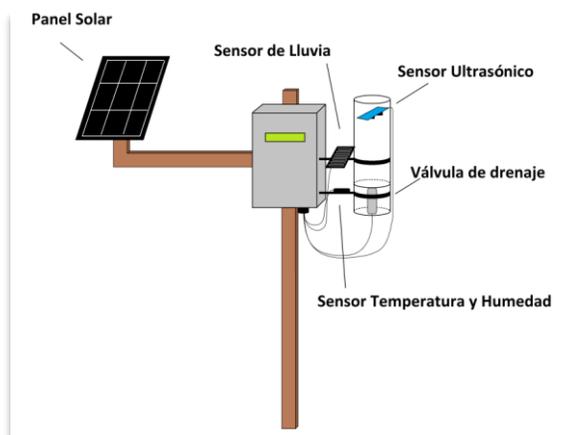


Fig.11 "Prototipo con todas sus partes"

Diagrama en bloques del dispositivo

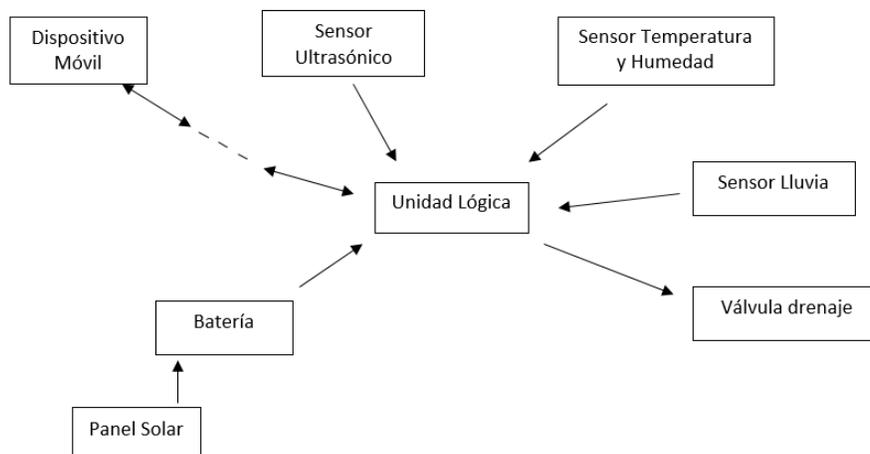


Diagrama N°2 "Diagrama en bloque del instrumento"

Sensor Ultrasónico: Mediante este sensor (HCSR04), conectado al microcontrolador, se podrá obtener la cantidad de agua que se encuentra en el vaso de precipitado. Esta medición es instantánea en cada momento. En sí, este sensor, mediante el envío de una señal ultrasónica, rebota sobre la superficie de agua que contiene el vaso, dándonos la distancia desde el sensor a la misma. Luego, la Unidad Lógica, es la encargada mediante cálculos matemáticos obtener la cantidad de agua dentro del vaso.

Unidad Lógica: Aquí es donde se encuentra el microcontrolador con el módulo SIM800L, donde se procesan las señales provenientes de los diferentes sensores. También es la encargada de enviar mensajes con la información del instrumento y de decodificar las peticiones provenientes del usuario (dispositivo móvil). En esta unidad, se encuentra un display LCD para la visualización de la cantidad de lluvia caída, como también, temperatura y humedad de ambiente. Fuentes de alimentación step-down y step-up, como drive de la válvula, también se encuentran dentro de la unidad lógica.

Válvula de drenaje: Esta válvula es la encargada de vaciar el vaso de precipitado. Encontrándose debajo del vaso. La misma, es comandada desde el microcontrolador con un drive de salida a relé y alimentada directamente de la batería con una fuente step-up, debido a su funcionamiento con 12 volt.

Sensor de lluvia: El sensor envía una señal al microcontrolador cuando comienza a llover. Mediante un potenciómetro en el controlador del mismo sensor, se puede ajustar la sensibilidad del mismo. La salida del controlador nos proporciona una señal de 5 voltios cuando está lloviendo y 0 voltios cuando no lo esté.

Sensor temperatura y humedad: Sensor que detecta temperatura del ambiente y humedad relativa. Este sensor nos proporciona una señal digital, la cual es procesada por el microcontrolador.

Batería: La misma suministra energía a todo el instrumento, es una batería de gel recargable de 6 voltios – 4,5 amperios.



Panel solar: Es el encargo de mantener cargada la batería. El panel a utilizar es de 6 voltios – 0,5 amperios. El mismo es autoregulable, va conectado directamente a la batería.

Dispositivo móvil: Es un teléfono celular con el cual nos vamos a comunicar con el instrumento, la comunicación es a través de mensajes de textos, SMS.

Programación

La realización de la programación del microprocesador se realizó el lenguaje C y usando el compilador PIC C Compiler (CCS).

C es un lenguaje de programación de propósito general que ofrece economía sintáctica, control de flujo y estructura sencilla y un buen conjunto de operaciones. No es un lenguaje de muy alto nivel y más bien un lenguaje pequeño, sencillo y no está especializado en ningún tipo de aplicación. Esto lo hace un lenguaje potente y con un campo de aplicación ilimitado.

El número con el cual se comunica el usuario con el instrumento, se carga a través de un mensaje de la siguiente manera *numero1:XXXXXXXXXX#, una vez enviado el SMS, el instrumento envía un mensaje de confirmación con el texto, **“Se utilizará este número para comunicarse con el pluviómetro”**, el mismo se puede cambiar cuando se desee. Este número quedará guardado en la memoria EEPROM interna del microcontrolador, por lo tanto, por más que se apague o se descargue la batería el número no se borrará nunca.

El programa presenta tres interrupciones; **“Dato”**, la cual lo recibe a través de un mensaje de texto enviado por un teléfono, ante esta acción el microcontrolador envía al número especificado, la lectura de la cantidad de agua que tiene el recipiente, la otra interrupción es **“Drenar”**, el cual el microcontrolador manda una señal a la válvula de drenaje para que se active y vacíe el recipiente, luego se envía un mensaje de texto confirmando la acción. A su vez cuando el vaso de precipitado llega a 100mm de lluvia acumulada, el mismo se drena automáticamente y nos envía un texto con la palabra **“Pluviómetro se drenó, llegó a 100mm”**, otra interrupción es **“Temp”**, este contenido es enviado por mensaje de texto, lo cual el instrumento sabe que tiene que responder con los datos de temperatura y humedad relativa del momento.

También tendremos un par de avisos que nos dará el instrumento. Uno de ellos es cuando comienza a llover, mediante el sensor de lluvia, el mismo nos envía un SMS con el texto **“Comenzó a llover”** apenas de mojar con unas gotas de lluvia. Otro de los avisos es cuando la batería baje un nivel menor a 5 voltios, lo cual ya no podrá suministrarle energía al instrumento, lo hará mediante un mensaje de texto con la palabra **“Batería baja”**.

Todos los mensajes que se envían al instrumento deben enviarse entre los caracteres *----#. Por ejemplo; *Dato# - *Temp# - *Drenar# - *Numero1:xxxxxxxxx#



Diagrama de flujo

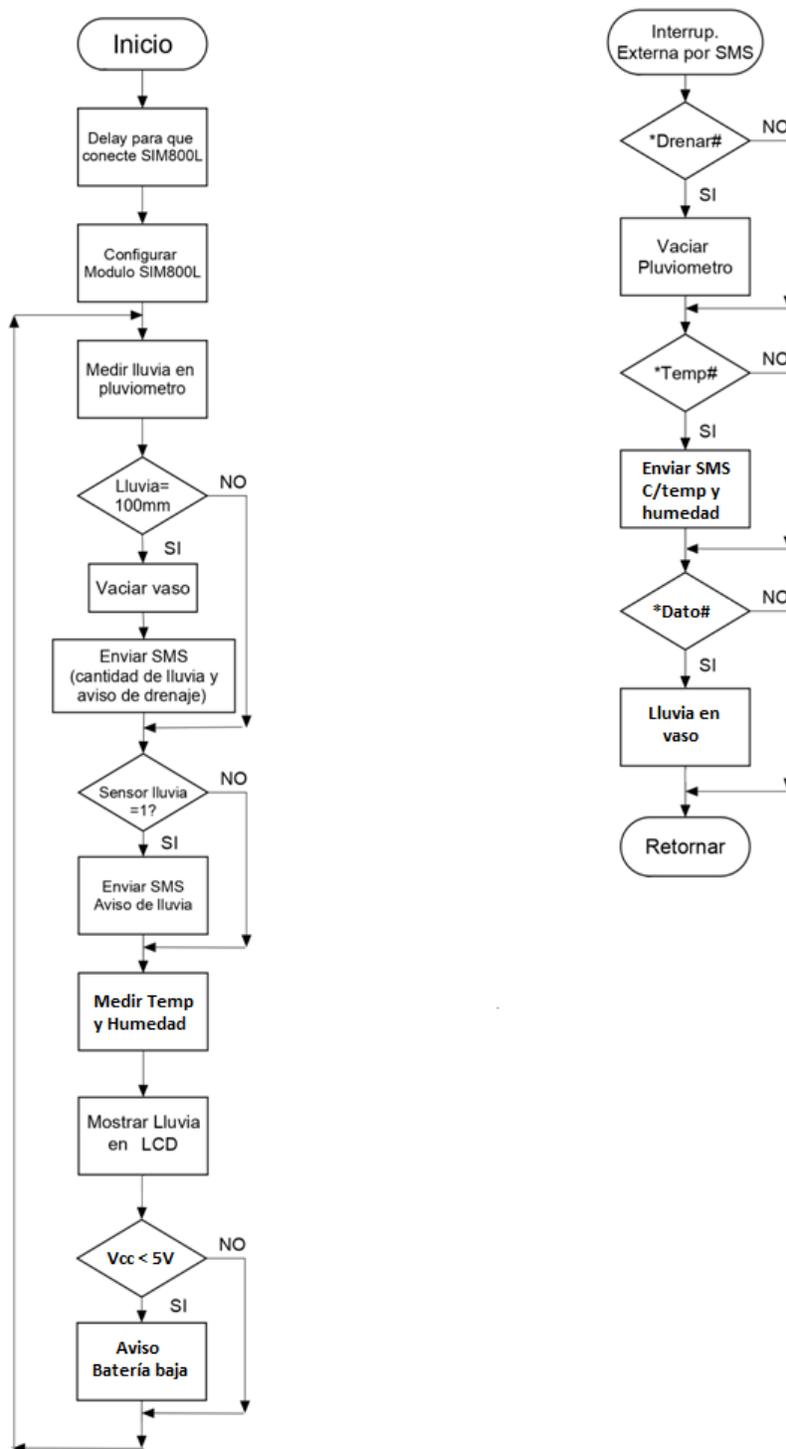


Diagrama N°2 "Diagrama de flujo del programa"



Evaluación Final del Sistema

Preparación del prototipo con materiales finales

Se realiza el armado de las placas finales. El instrumento consta de la placa principal-lógica donde se encuentra el PIC, la misma está conectada con el módulo SIM800L, con el drive de la válvula de drenaje, también se encuentran conectados a la misma; sensor de ultrasonido, sensor de lluvia y sensor de temperatura y humedad.

Placa lógica, módulo SIM800L, drive de válvula y batería, se colocan dentro de un gabinete plástico, bajo norma IP65, debido a que va a estar expuesto a condiciones climáticas varias. Todo el diseño de las placas se realizó con el software Proteus.

Los cables de conexión de los sensores a la placa lógica, están bajo norma IP65.

Cálculo de consumo eléctrico

Se hace el cálculo de consumo total y máximo según hoja de datos.

COMPONENTE	CORRIENTE
PIC 16F877A	13 mA
SIM800L	500mA
Sensor temperatura	1 mA
Sensor humedad	2,5 mA
Sensor lluvia	15 mA
Sensor ultrasónico	15mA
Válvula drenaje	180mA
Display LCD	3 mA
TOTAL	729,5 mA

Tabla 3 "Consumos componentes del instrumento"

Estos consumos son máximos, es decir, cuando se está enviando o recibiendo un SMS, abriendo la válvula de drenaje o cuando llueve. Los componentes que tendrán siempre una corriente constante serán el sensor ultrasónico y sensores de temperatura y humedad, ya que está permanentemente midiendo.

El consumo medido del sistema en stand-by es de 80mAh, lo único que hace aumentar la corriente, es cuando se activa la válvula de drenaje o cuando se envía o recibe mensajes SMS. De todos modos,



la válvula está activada solo 15 segundos, que es tiempo que lleva vaciar el vaso en caso de que esté en su nivel máximo (100mm). Cuando se realiza envío/recepción de SMS, la corriente aumenta a 100mA, este consumo esta solo por un instante de 5 segundos como máximo, que es lo que dura el envío de un SMS

Sistema de alimentación y carga fotovoltaico

Al ser un sistema autosustentable y estar alejado de la red eléctrica, el instrumento necesita de energía renovable para mantener cargada su batería, por lo que se optó usar un panel solar que mantenga cargada la batería de alimentación al sistema.

- *Cálculo para la selección de la batería*

Para la elección de la batería, se realizaron los cálculos teniendo en cuenta época invernal, la cual es cuando menos horas de sol hay, por lo que la batería no está recibiendo carga. La ecuación para obtener la corriente necesaria en la batería, es la siguiente.

$$I_b = I_n(I_c)/I_m \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

I_b = Corriente de la batería a utilizar.

h_n = Horas nocturnas.

I_c = Corriente requerida para la carga del sistema.

I_m = Constante para cálculo de descarga máximo en la batería (80%), esto evita una descarga profunda que disminuya su tiempo de vida útil. **I_m=0,8**

$$I_b = \frac{14h(0,1A)}{0,8} = 1,4 \text{ Ah}$$

Se toma un consumo medio de 100mA y una cantidad de 14 horas nocturnas, que son las horas sin sol que tenemos en época invernal. Esto nos da que nuestro sistema necesita para su correcto funcionamiento una batería de 1,4 Amperios.

Se optó por poner una batería recargable de 6 volt - 4.5ah, si bien es bastante grande para el consumo que nos demanda todo el instrumento, pero es lo que se consigue en el mercado y es apta para ser recargada, ya que la misma es cargada a través de un panel solar.



Fig.12 “Batería utilizada”

- **Cálculo para la elección del panel**

Igual que en el caso anterior, para el cálculo de la potencia adecuada que debe tener como mínimo nuestro panel solar, se toma la época invernal, que es cuando menos horas de sol hay. La ecuación para obtener la corriente requerida del panel es la siguiente.

$$I_p = I_c + (I_c(hn)/hs) \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

I_p = Corriente del panel.

$$I_p = 0,1A + \left(0,1A * \frac{14h}{10h}\right) = 0,24 A$$

$$W_p = V_p * I_p = 6V * 0,24A = 1,44 W$$

Este cálculo nos daría que necesitaríamos un panel de 6V – 1,44W.

Se optó por utilizar un panel de 6 Voltios – 3 Watts, ya que es el más chico que se consigue en el mercado.

El panel utilizado está compuesto por 12 celdas solares policristalino, las cuales brindan 0,5 voltios cada una, las mismas están recubiertas con vidrio templado y posee un marco de aluminio para resistir condiciones medioambientales severas, con un grado de protección IP65.

Este panel es autoregulable, lo cual no es necesario colocar un controlador de carga, se conecta directamente a la batería y cuando la batería llega a la tensión de 6 voltios la misma no recibe más carga.



Fig.13 "Panel utilizado"

- **Orientación y ángulo de inclinación del panel fotovoltaico (PFV)**

La elección de un correcto ángulo de inclinación y orientación para la superficie colectora (fotovoltaica o térmica), juega un rol crucial en el aprovechamiento de la energía solar disponible. El panel siempre tiene que estar orientado directamente perpendicular a la línea del ecuador, debido a que este punto es perpendicular a la rotación de la tierra, por lo que hay menor distancia del planeta tierra al sol.

El ángulo de inclinación del panel fotovoltaico está directamente relacionado con la latitud que posee el punto donde se instalará. Combinando la orientación hacia el ecuador y la latitud como ángulo de inclinación, es la posición en la cual los rayos solares estarán incidiendo perpendicularmente sobre el panel.

Se suele modificar un poco el ángulo de inclinación del panel, ya que la perpendicularidad del sol con el ecuador varía dependiendo de la estación del año.

A continuación, veremos cómo varía el ángulo de inclinación dependiendo la latitud.

Latitud (°)	Angulo de inclinación PFV (°)
0 - 15	15
15 - 25	igual a latitud
25 - 30	latitud más 5
30 - 35	latitud más 10
35 - 40	latitud más 15
40 o más	latitud más 20

Tabla 4 "Calculo ángulo de inclinación PFV"

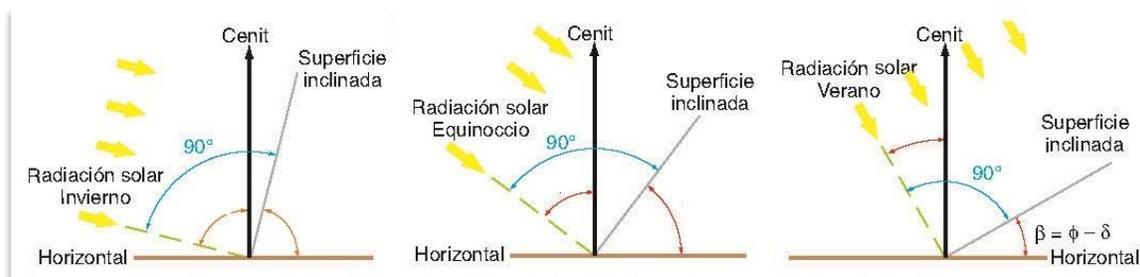


Fig.14 "Variación del ángulo de incidencia solar en relación a la estación del año"

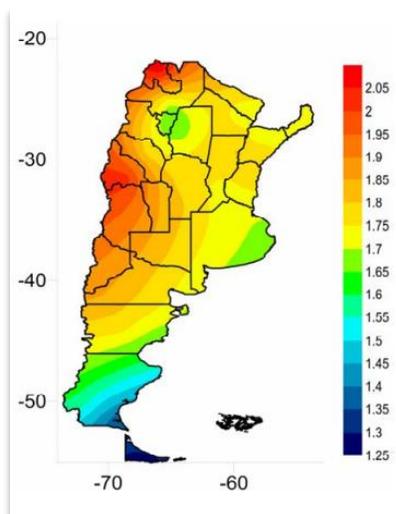


Fig.15 "Carta de irradiación solar anual (MWh/m2), obtenidos por planos inclinados en ángulos óptimos"

Diseño y mediciones del prototipo

El proyecto se armó primeramente en una placa de prueba. Al módulo SIM800L se lo conectó mediante un interfaz UART-USB usando el software "Hyperterminal".



Fig.16 "Convertor USB a UART RS232"

Con este software se envían comando AT al módulo SIM y también se ve cuando el mismo módulo envía datos. Este proceso lo hemos hecho para observar bien el funcionamiento y visualizar los



textos que envía el módulo, para luego poder hacer el programa, decodificar los mensajes de petición que se envían al módulo y poder leerlos con el microcontrolador.

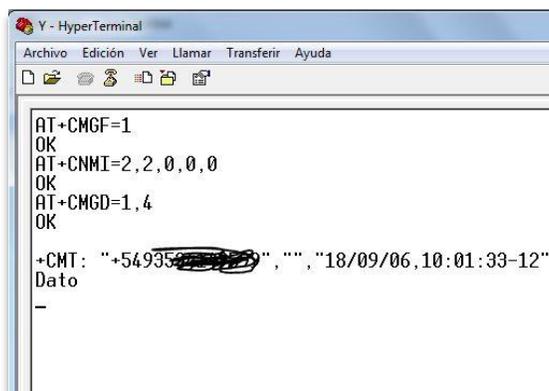


Fig.17 "Pruebas en software Hyperterminal"

Se realizan pruebas de comunicación con el prototipo entre modulo SIM y teléfono móvil para ver cómo responde. En la Fig.17 se puede ver como el modulo responde y la información que entrega el SMS.

Se prueba el drenaje automático una vez que el fluido alcance el nivel máximo, esta acción también conlleva en envío de un mensaje de comprobación.

Se realizan las mediciones de consumo de la corriente para corroborar con los cálculos hechos anteriormente (**Fig. 13**), las mismas dieron menores a las máximas especificadas en las hojas de datos de cada uno de los componentes.



Fig.18 "Prueba realizada enviado mensajes y mensaje recibido cuando se dreña automáticamente"



Montaje y ensayo real del prototipo

El instrumento consta de la placa principal-lógica donde se encuentra el microcontrolador PIC 16f877a, el mismo es el encargado de la realización de todas las acciones del instrumento. A esta placa se conecta el módulo SIM800L, display LCD, el drive de la válvula de drenaje y los sensores; ultrasónico, de lluvia, temperatura y humedad.

La alimentación se toma de una batería de 6 voltios – 4,5 amperios y reducida mediante una fuente step-down a 4,5 voltios, siendo éste el valor recomendado por los fabricantes, para el funcionamiento óptimo de los sensores y demás dispositivos.

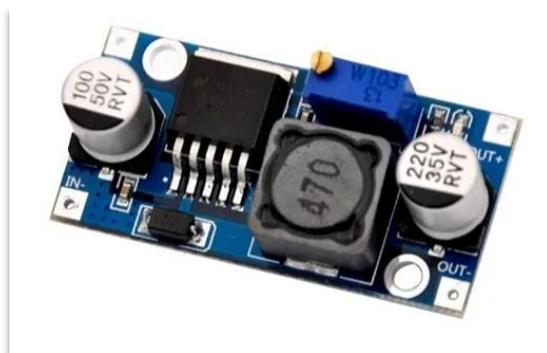


Fig.19 "Fuente step-down, 3 Amperios"

Debido a que la válvula que se colocó es de 12 voltios, se optó por poner una fuente step-up para poder elevar la tensión de los 6 voltios de la batería, a los 12 voltios para la activación de la válvula.



Fig.20 "Fuente step-up, 2 Amperios"

Todas las placas y módulos que componen al instrumento, se colocaron dentro de un gabinete plástico con grado de protección IP ideal para aplicación de campo y no sufrir daño bajo condiciones climatológicas extremas. Este gabinete es de tipo caja de paso de plástico 200x150x80 mm, con



grado de protección IP65.



Fig.21 "Gabinete plástico"

En el frente del gabinete plástico se encuentra el display LCD, aquí se muestra información visual para el usuario. El display muestra la cantidad de lluvia que se encuentra en el vaso de precipitado en la primera fila y en la fila de abajo se ve la temperatura y humedad relativa del ambiente. Otra información que se puede observar en el mismo, es cuando se drena el vaso, marcando el texto **-Drenando-** en el display.

Todo el diseño de las placas de realizó con el software Proteus.



Fig.22 "Esquemático del circuito"

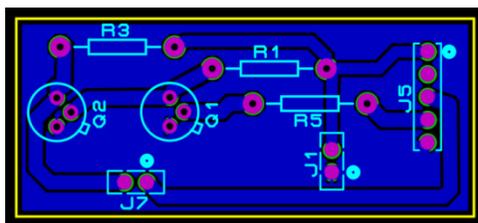


Fig.23 "Placa MODULO SIM800L"

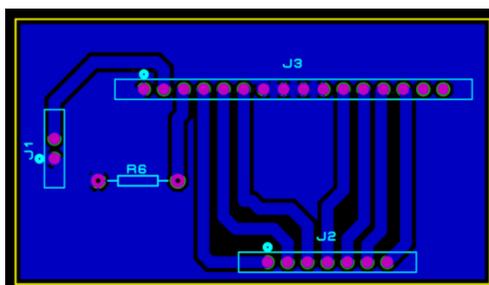


Fig.24 "Placa DISPLAY"

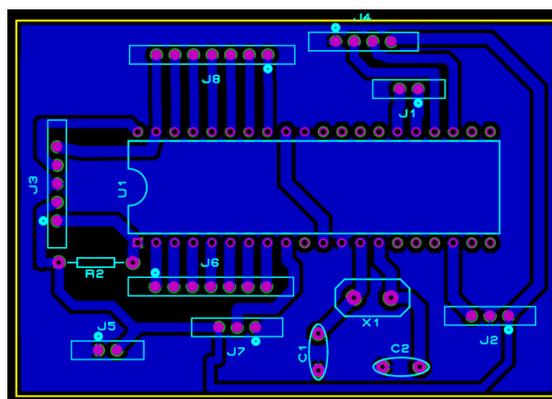


Fig.25 "Placa MICROCONTROLADOR"

Presentación final del prototipo

Se realiza el armado final el instrumento con todos los sensores, batería y panel solar. El soporte para el panel solar se realiza con un rodamiento, para poder tener movimiento circular para así poder direccionarlo perpendicular a la Línea del Ecuador. Y se realiza un soporte regulable para poder colocarlo en el ángulo correcto.



Fig.26 "Instrumento final"

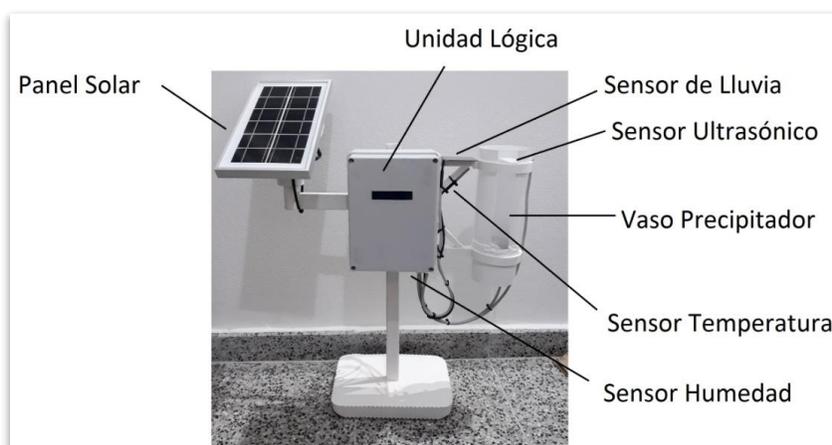


Fig.27 "Instrumento con sus partes"

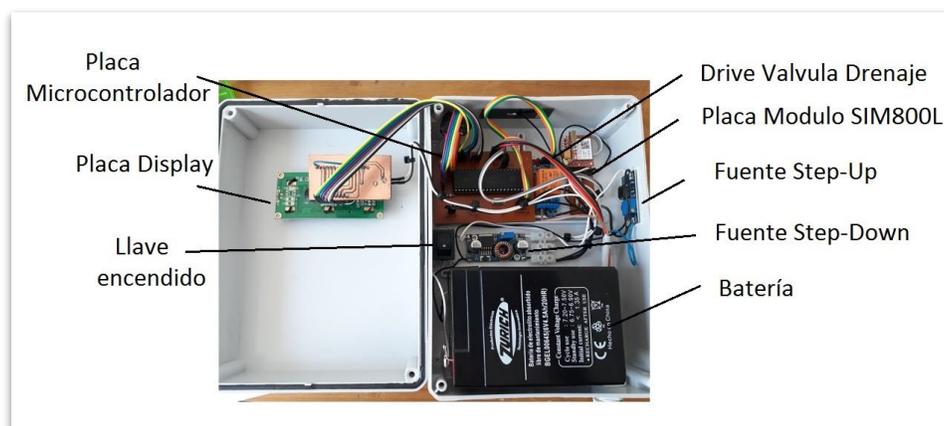


Fig.28 "Instrumento por dentro"



En Fig. 28, se pueden observar todas las partes internas del instrumento, allí podemos ver una fuente step-down, la cual nos disminuye la tensión de la batería a 4,5 volt que es la que utilizaremos. También tenemos una fuente step-up, que es la que nos eleva la tensión a 12 volt para el funcionamiento de la válvula de drenaje.

Montaje y ensayo real del prototipo

Una vez hecho el montaje del instrumento en su formato final, se realizan pruebas para corroborar la comunicación pluviómetro-móvil.

Lo primero que se tiene que hacer para poner en funcionamiento el instrumento, es enviar un SMS con el número telefónico con el cual se va a comunicar. Esto se realiza enviando ***numero1: (número de tel.) #**. El número de teléfono es la característica sin el 0, y el número de teléfono sin el 15 delante. Ejemplo: *numero1:3534123456#. Este mensaje es contestado por el instrumento con el texto; **“Se utilizará este número para comunicarse con el pluviómetro”**. En la siguiente imagen se puede ver el envío y confirmación del SMS.



Fig.29 “SMS para memorizar número de teléfono”

Se realizaron pruebas colocando agua en el vaso y enviando los SMS de petición de información para corroborar su funcionamiento.

En Fig.30, se ve cuando el instrumento no tiene agua en el vaso de precipitado. Se envía un SMS con la palabra ***Dato#**, para verificar lo que dice el display con la respuesta al mensaje, Fig.34.

Luego se le agrega un poco de agua, Fig.31 y se observa en el display la cantidad de 45.27 milímetros que contiene el vaso y se vuelve a enviar un SMS con el texto ***Dato#**, para verificar nuevamente la información que entrega el display con la respuesta al mensaje, Fig.34.

Otra prueba que se realizó, fue enviar un SMS con la palabra ***Temp#**, Fig.34.

También se envía la palabra ***Drenar#** y se observa la apertura de la válvula hasta vaciar por completo el vaso, Fig.32. En el display se puede ver el texto **-Drenando-** Fig.33, e instantáneamente el instrumento envía el mensaje de confirmación, Fig.34.

La última prueba que se realizó fue agregar agua hasta que el nivel llegue a los 100 mm y ordene automáticamente el drenaje, esto conlleva al envío de un SMS de confirmación por parte del instrumento, Fig.34.



Fig.30 "Pluviómetro sin agua, indicando 0.00mm"



Fig.31 "Pluviómetro con agua, indicando 45.27 mm"



Fig.32 "Drenaje del vaso"



Fig.33 "LCD cuando se drena vaso"



Fig.34 "Mensajes Usuario-Instrumento"

Medición del error del instrumento

Se realiza una medición del error porcentual que tiene el instrumento, el cual se hace colocando una regla en el vaso de precipitado para tomarla como patrón.

Se comienza a agregar agua de a poco en el vaso y se realiza la lectura del recipiente con el patrón y se toma como valor medido por el instrumento lo que indica en el display. Se realiza este procedimiento unas diez veces.

Se construye la siguiente tabla con los valores recolectados y luego se obtiene el error porcentual del instrumento.



Valor medido (mm)	Valor patrón (mm)	Diferencia (mm)	Error Porcentual (mm)
2.15	2.50	0.35	14.00
5.52	6.10	0.58	9.51
8.28	7.55	-0.73	9.67
15.33	16.50	1.17	7.09
25.12	26.78	1.66	6.20
48.22	49.55	1.33	2.68
56.85	55.80	-1.05	1.88
80.71	81.50	0.79	0.97
90.30	91.10	0.80	0.88
100.00	98.80	-1.20	1.21
Total		0.97	5.41

Tabla 5 “Tabla del cálculo de error del instrumento”

La diferencia se obtiene del cálculo entre la diferencia matemática del valor patrón y el valor medido.

El error porcentual se obtiene mediante el cociente entre la diferencia del valor patrón y valor medido y el valor patrón. Es decir.

$$e_{\%} = \frac{(\text{Valor patrón} - \text{Valor medido})}{\text{Valor patrón}} \times 100 \quad (\text{Ec.3})$$

Como conclusión de este análisis podemos decir que el instrumento tiene un erro de medición de ± 1 mm y un error porcentual del 5,5% aproximadamente.

Calificación de los materiales utilizados

Los materiales utilizados como el microcontrolador, modulo SIM y todos los sensores, responden muy bien con los propósitos del proyecto.

El sensor ultrasónico que se escogió es adecuado a los propósitos del proyecto, se tuvo que hace un gabinete con impresión 3D para protegerlo de la lluvia, ya que va a estar expuesto directamente a la misma. En el mercado existen sensores con protección IP65, pero por motivos económicos no se optó por ese.

Otros de los datos a resaltar es que se utilizó un sensor de temperatura con protección IP65 (DS18B20), para poder ponerlo a la intemperie y poder obtener un resultado más certero de la



temperatura, ya que se utiliza un sensor de humedad el cual también tiene la característica de poder medir temperatura, pero el mismo no es recomendable exponerlo a factores climáticos. Además de que el DS18B20 tiene mucho menor error de medición.

Los demás componentes utilizados responden correctamente a los objetivos del instrumento.

Instalación del instrumento

Además de la orientación del panel solar, como se explicó en capítulo anterior, es muy importante hacer un análisis del nivel de señal en el lugar donde se instalará, ya que el mismo es utilizado en lugares rurales, lejos de las ciudades en los cuales los niveles de señales no son muy altos.

El mismo análisis se puede hacer con una aplicación llamada **Network Cell Info**, que se instala en un teléfono celular.

Con esta aplicación se puede saber en qué lugar podemos tener máximo nivel de señal, para así no tener inconvenientes con la comunicación Instrumento-Usuario.



Fig.35 "Imagen de Software utilizado, nivel de señal"



Conclusiones

Como conclusión podemos decir que este proyecto se adapta a las necesidades primordiales de dar una solución al problema planteado, con el simple hecho de comunicarnos a través de un mensaje de texto.

Con los resultados obtenidos en las pruebas, se puede comprobar que el sistema funciona en tiempo real, ya que el intervalo de envío y recepción de los mensajes está en función del tiempo esperado, teniendo en cuenta que GSM es el único tipo de señal que se encuentra en varios de los lugares donde se puede llegar a instalar este instrumento.

Se determina que la utilización de la mensajería SMS resulta eficiente para aplicaciones que no trabajen con cantidades grandes de datos. La comunicación entre el microcontrolador y el módulo SIM800L funciona solo a una velocidad de transmisión de 9600bps.

También tenemos algunas desventajas trabajar con este sistema de comunicación, una de ellas es que por algún motivo se puede llegar a perder señal GSM o que el sistema este colapsado, como es de suceder en ciertas fechas de año, como por ejemplo en navidad y fin de año.

Otros de los inconvenientes que puede llegar a causar algunos problemas, son con los mensajes que nos envía la compañía de telefonía móvil, los cuales pueden llegar a ocasionar algún inconveniente en la lectura por parte del microprocesador, este tipo de inconveniente no se descarta, pero es muy poco probable que cause inconveniente, ya que es por eso que se colocan los caracteres * y # en el comienzo y fin de los mensajes que el instrumento decodifica.

Se logró un dispositivo autosustentable, debido al sistema de carga fotovoltaico que posee.



Bibliografía

- [1] *Andrés Bruno Saravia; Arquitectura y programación de microcontroladores PIC; McElectronics; 2010*
- [2] *Miguel Alonso Abella; Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica; Madrid : S.A.P.T., 2001*
- [3] *Huidobro Moya José Manuel; Comunicaciones móviles, sistemas GSM, UMTS y LTE; Alfa Omega Grupo Editor; 2013*
- [4] *Eduardo García Breijo. Compilador C CSS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC. MARCOMBO, S.A. Barcelona - España. 2008*
- [5] <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf> - **Último acceso 05/10/2019**
- [6] https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf - **Último acceso 22/01/2020**
- [7] https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/sim800_series_at_command_manual_v1.01.pdf - **Último acceso 11/05/2020**
- [8] http://centmesh.csc.ncsu.edu/ff_drone_f14_finals/Sensor1/files/hcsr04.pdf - **Último acceso 10/12/2019**
- [9] <http://www.picaxe.com/docs/led008.pdf> - **Último acceso 20/04/2020**
- [10] <https://www.rftorrent.com/energia-solar-para-veleros.pdf> - **Último acceso 26/03/2020**
- [11] <http://energiayambienteandina.net/pdf/> - **Último acceso 26/03/2020**
- [12] <https://www.argentina.gob.ar/energia/informacion-geografica-energia/mapas-irradiancia-solar> - **Último acceso 26/03/2020**



Anexo I

Comandos AT

AT Sirve para verificar si el módulo SIM900 está funcionando adecuadamente para entrar en modo comando. Al enviar AT el SIM deberá contestarnos con un OK.

AT+CGMI Veremos en nombre del fabricante

ATI Ver la información del producto.

AT+IPR=? Preguntar el Baud Rate en el que puede operar el SIM

AT+IPR? Sirve para preguntar el Baud Rate actual

AT+IPR=XXXX Configuremos a la frecuencia deseada

AT+COPS? Nombre de la compañía telefónica

AT+CGSN Visualizar el IMEI del chip utilizado

AT+CSCS? Tipo de texto

AT+CSCS="XXX" Configurar a tipo de texto

AT+CMGF? Ver el formato de un mensaje, ya sea PDU(0) o SMS(1)"

AT+CMGS=04455XXXXXXXXXX Enviar un SMS Se despliega el símbolo mayor que > Escribir mensaje y al finalizar presiona **Ctrl+Z** retornará OK si el SMS se envió correctamente.

AT+CMGL=ALL Sirve para ver todos los mensajes que nos han llegado al SIM

ATD04455XXXXXXXXXX; Sirve para hacer una llamada a cualquier teléfono móvil

ATA Sirve para contestar una llamada

ATH Sirve para colgar una llamada